

КОНСТРУЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ РОЗРОБЛЕНОЇ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗ ДОДАТКОВОГО НАЛАШТУВАННЯ

Грицевич І. Р., магістрант, Піддубний В. О., к.т.н. доцент.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

При проектування радіоелектронної апаратури широко використовуються системи автоматизованого проектування (САПР) такі як Micro-Cap, OrCAD, Multisim та ін. Всі вони для опису транзисторів використовують їх математичні моделі. Найбільш розповсюдженою в системах САПР для опису параметрів біполярних транзисторів є модель Гуммеля-Пуна [1]. В ній використовується біля 20 незалежних параметрів. Така кількість параметрів обумовлена в першу чергу тим, що рівняння, які описують математичну модель, враховують різні режими роботи транзистора. Але як відомо, в аналоговій схемотехніці транзистори рідко використовують в режимі насичення та інверсному режимі, тому при проектуванні аналогових пристроїв можна розглядати лише активний режим роботи транзистора, а це призводить до значного зменшення визначальних параметрів. Ними є:

IS - струм насичення при температурі 27°C.

BF - ідеальний коефіцієнт підсилення струму бази при 27°C.

NF - коефіцієнт емісії (неідеальності) для нормального режиму.

VA_F - напруга Ерлі для прямого активного режиму.

IK_F - струм початку спаду залежності BF від струму колектора.

RE - опір емітера.

Саме ці параметри на практиці мають найбільший розкид для транзисторів одного типу, а в базі даних САПР заведені середньостатистичні, уśredнені їх значення. Тому на етапі проектування допускаються помилки, які спричиняються розбіжностями параметрів реальних елементів відносно заведених в базу даних. Тому достовірна інформація про кожен використаний елемент вкрай необхідна і описувати його математичну модель в САПР доцільно параметрами реальних елементів, що будуть використовуватися в схемі. Це дозволить покращити результат симуляції в разі наявності достовірних параметрів компоненту, що можуть бути виміряні експериментально, та створювати таку схему, яка не вимагає подальшого налагодження.

З цією метою розроблено лабораторний макет приладу, який дозволяє отримувати реальні параметри для кожного компоненту, корегувати їх в значення в бібліотеці САПР та вносити безпосередньо в бібліотеку системи параметри при відсутності даних про компонент, який збираємося використати при проектуванні.

Структурна схема приладу, розробленого та описаного авторами в [2],

показана на рис.1. Керує роботою приладу персональний комп'ютер (PC).

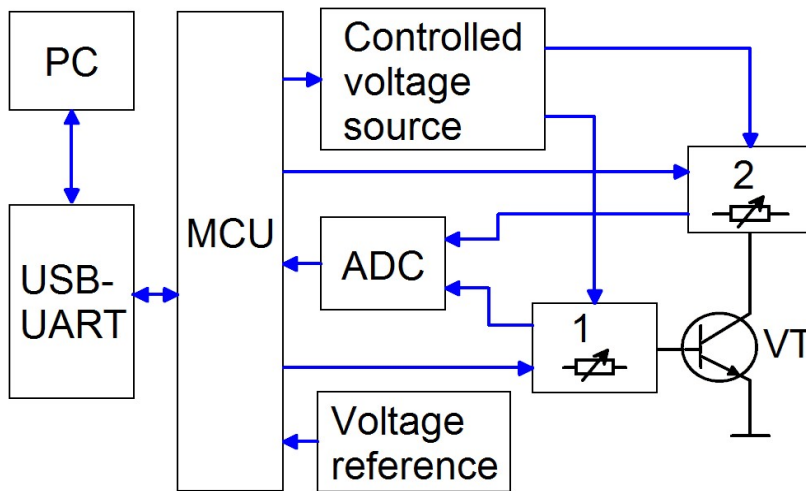


Рисунок 1. Структурна схема приладу для вимірювання параметрів напівпровідникових компонент

Команди з нього через універсальний асинхронний приймач-передавач (USB-UART) передаються на мікроконтролер (MCU), який керує модулем формування тестових напруг (Controlled voltage source). Модуль формує тестові напруги для кожної робочої точки транзистора. Полярність тес-

тової напруги перемикається в залежності від типу досліджуваного компоненту. Блоки перестройки опорів 1 та 2 забезпечують необхідну точність вимірювання для різних значень струмів через електрод та для різних типів вольт-амперних характеристик що вимірюються. Значення вимірних величин за допомогою ADC перетворюються в код, який в реальному часі надходить до мікроконтролера і далі до комп'ютера і зберігається в пам'яті. Після закінчення вимірювання на екрані PC відображаються вхідна та вихідна ВАХ досліджуваного приладу, на основі яких розраховуються параметри моделі. Параметри NF, RE, IS, BF, IKF можуть бути отримані рішенням систем рівнянь, що пов'язують експериментальні значення струмів бази і колектора I_B , I_C та напруги база-емітер V_{BE} . Параметр VAF знаходиться з залежності I_C від напруги колектор-емітер V_{CE} .

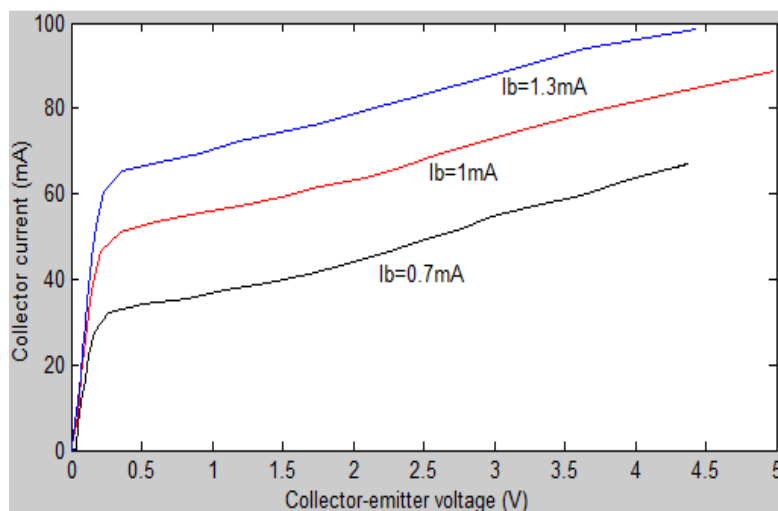


Рисунок 2. Сімейство вихідних характеристик транзистора KT315B знятих розробленим приладом.

На рис.2 наведено вихідну ВАХ транзистора KT315Б. Вимірювання тривало близько 20 секунд. Кожна крива сімейства побудована на основі 20 точок [2].

Порівняння експериментально вимірних параметрів транзистора з його параметрами в моделі САПР покажемо на прикладі транзистора

BD139, оскільки його можна знайти в багатьох сучасних САПР. В таблиці наведені теоретичні (із бази даних бібліотеки) та експериментально виміряні і автоматично розраховані параметри моделі транзистора BD139.

Таблиця

Параметри транзистора BD139 з бази даних та експериментально виміряних

Параметр	NF	RE [Ом]	IS [A]	BF	IKF [A]	VAF [B]
Бази.	1,002	0,366	$10 \cdot 10^{-15}$	200	0,560	100
Експ.	0,788	0,174	$10,45 \cdot 10^{-15}$	157,3	0,361	103

Як бачимо значення параметрів транзистора, які задані в бібліотеці САПР, суттєво відрізняються від тих, що експериментально виміряні для конкретного компоненту, що буде використовуватися в схемі. Корегування параметрів моделі дозволить підвищити достовірність результату симуляції. Це в свою чергу буде гарантією того, що РЕА побудована на основі схеми розрахованої в САПР, буде працювати з заданими характеристиками без додаткового налаштування.

Перелік посилань

1. Амелина М. А. Программа схемотехнического моделирования MicroCap 8.0 / Амелина М.А., Амелин С.А. М.: — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 345 с.
2. Грицевич І. Р. Прилад для дослідження напівпровідникових елементів /І.Р.Грицевич, В.О.Піддубний// Міжн. наук.-техн. конф. РТПСАС 2016 «Радіотехнічні поля, сигнали та системи». — Київ, 2016. —С. 63 — 65.

Анотація

Представлено прилад для автоматизованого дослідження електричних характеристик напівпровідників, що дозволяє корегувати параметри математичної моделі біполярних транзисторів в САПР. Описано алгоритм роботи приладу. Обґрунтовано доцільність корекції параметрів в бібліотеці САПР для проектування РЕА без наступного її налаштування.

Ключові слова: параметри моделей, характеристики транзистора, САПР.

Аннотация

Представлен прибор для автоматизированного исследования электрических характеристик полупроводников, который позволяет корректировать параметры математической модели биполярных транзисторов в САПР. Описан алгоритм работы прибора. Обоснованно целесообразность коррекции параметров в библиотеке САПР для проектирования РЕА без последующей ее настройки.

Ключевые слова: параметры моделей, характеристики транзистора, САПР.

Abstract

Presented is the contingency for the automated dosage of electric characteristics, which allows to adjust the parameters of the mathematical model of bipolar transistors in CAD. The robotics algorithm is described. The rationale for the correction of parameters in the CAD library for the design of CEA without further adjustment is justified.

Keywords: parameter models, transistor characteristics, CAD.